

## ABREGE

---

### 5 Tige creuse de forage pour la transmission d'informations

---

- 10 L'invention concerne une tige creuse de forage pour la transmission d'informations, ladite tige étant destinée à être placée dans un forage rempli d'une boue de forage. La tige comporte une paroi cylindrique (52<sub>1</sub>, 52<sub>2</sub>) conductrice de l'électricité avec une face interne, une face externe, une première extrémité munie d'un manchon mâle (62) de raccordement
- 15 et une deuxième extrémité munie d'un manchon femelle (60) de raccordement, caractérisée en ce qu'elle comprend en outre :
- une couche de matériau isolant électrique (70) recouvrant la face interne sur toute sa longueur ; et
  - une couche conductrice (80) recouvrant ladite couche isolante
- 20 et raccordée électriquement à ses extrémités à deux bagues conductrices de l'électricité, ladite couche conductrice étant recouverte par une deuxième couche isolante (86) laissant lesdites bagues conductrices en contact avec la boue de forage.

25

Figure 2

La présente invention a pour objet une tige creuse de forage pour la transmission d'informations et un train de tiges permettant la réalisation d'une telle transmission d'informations.

De façon plus précise, l'invention a pour objet une tige de forage du type utilisé pour réaliser les trains de forage de tiges de forage servant à forer des puits dans le sol, ces puits étant remplis au fur et à mesure de leur forage d'une boue de forage, ces tiges permettant en outre la transmission d'informations entre le fond du puits et la surface du sol.

Une installation de forage constituée par des tiges de forage permettant la transmission d'informations entre le fond du puits en cours de forage et la surface du sol a déjà été décrite dans le brevet français 2 777 594 au nom de la demanderesse. Comme on l'explique dans ce document, lors du forage du puits, il est très important de pouvoir transmettre vers la surface du sol des informations recueillies par des capteurs montés à proximité de l'outil de forage, ce dernier étant fixé à l'extrémité inférieure du train de tiges de forage.

En se référant à la figure 1 annexée, on va décrire une des solutions proposées dans le brevet français mentionné ci-dessus.

Sur la figure 1, on a représenté un train de tiges de forage formé par la tige 10a constituant la tige inférieure, la tige 10b constituant la tige supérieure et des tiges intermédiaires. Un outil de forage 12 est fixé à l'extrémité inférieure de la tige 10a et comporte des capteurs de mesure 14. La face interne 16 des tiges 10 est revêtue d'une couche de matériau isolant 18 sur toute la longueur du train de tiges. Par ailleurs, le train de tiges est bien sûr disposé à l'intérieur du puits en cours de forage 20 qui est rempli d'une boue de forage 22 conductrice de l'électricité. Pour permettre la transmission des informations, on trouve une première bobine d'induction 24 disposée à proximité de l'extrémité inférieure de la tige 10a et reliée au capteur de mesure 14. On trouve également une bobine de couplage inductif 26 montée à l'intérieur de la tige supérieure 10b et reliée à des conducteurs tels que 28 assurant la transmission vers un dispositif de traitement des signaux électriques recueillis par la bobine 26.

Grâce à la présence de la couche isolante 16, on constitue une boucle de courant fermée consistant d'une part en la boue de forage 30

remplissant l'intérieur des tiges 10 et d'autre part en l'ensemble constitué par la paroi même des tiges 10 et par la boue 32 à l'extérieur des tiges 10.

A l'aide de la bobine inférieure 24, on induit un courant alternatif représentatif de l'information dans la boucle de courant, ce  
5 courant alternatif étant recueilli par la bobine réceptrice 26.

On comprend que plus la résistance linéique de la boucle de courant est faible et mieux le système fonctionnera. On comprend en particulier que le système qui vient d'être décrit en liaison avec la figure 1 est très bien adapté au cas où la boue de forage présente une résistance  
10 linéique faible.

Or, il existe un certain nombre de chantiers dans lesquels la boue de forage présente une résistance linéique relativement élevée. Il est bien sûr possible d'améliorer les caractéristiques de la boue de forage et de la rendre plus conductrice mais cela risque d'aboutir à un coût plus  
15 élevé de celle-ci. Par ailleurs, il existe des cas où l'utilisation de l'eau de mer pour améliorer la conductivité de la boue n'est pas conseillée. C'est en particulier le cas lors de la présence de couches argileuses importantes dans le terrain que l'on veut forer. En effet, dans ce cas, les couches argileuses gonflent et engendrent un resserrement du forage.  
20 Dans un tel terrain, il faut utiliser des boues à l'huile dont la conductivité est très faible.

On comprend qu'il est donc effectivement utile de disposer d'un train de tiges et donc de tiges de forage qui permettent d'améliorer la conductivité de la boucle de courant définie ci-dessus quelles que soient  
25 les propriétés électriques de la boue de forage utilisée.

On comprend également qu'il existe un certain nombre de cas dans lesquels le liquide circulant à l'intérieur des tiges est chargé avec des matériaux découpés du sol qui produisent un effet abrasif important sur la face interne des tiges du fait de leur entraînement par le liquide sous  
30 pression. C'est le cas de la circulation dite "inverse" de la boue dans le forage, cette boue étant injectée dans l'espace annulaire entre le forage et le train de tiges et remontant avec les matériaux arrachés à l'intérieur des tiges.

Un premier objet de l'invention est de fournir une tige de forage  
35 qui permette la transmission d'informations par l'intermédiaire de cette tige

quelles que soient les propriétés électriques de la boue servant à réaliser le forage et qui évite le phénomène d'abrasion.

Pour atteindre ce but, selon l'invention, la tige creuse de forage pour la transmission d'informations, ladite tige étant destinée à être placée dans un forage rempli d'une boue de forage, ladite tige comportant une paroi cylindrique conductrice de l'électricité avec une face interne, une face externe, une première extrémité munie d'un manchon mâle de raccordement et une deuxième extrémité munie d'un manchon femelle de raccordement, se caractérise en ce qu'elle comprend en outre :

- 10           - une couche de matériau isolant électrique recouvrant la face interne de la tige sur toute sa longueur ;
- une couche conductrice recouvrant ladite couche isolante ;
- ladite couche de matériau conducteur de l'électricité se terminant à chacune de ses extrémités proches des manchons de
- 15   raccordement par une bague conductrice reliée électriquement à ladite couche conductrice et en ce que ladite couche conductrice de l'électricité est revêtue sur sa face interne d'une deuxième couche d'un matériau isolant électrique, ladite deuxième couche ne recouvrant pas la face interne desdites bagues qui est au contact de la boue de forage.

20           On comprend qu'ainsi, sur toute la longueur d'une tige, une partie de la boucle de courant est constituée par la couche conductrice et par les deux bagues conductrices.

La couche conductrice constitue une sorte de court-circuit par rapport à la boue contenue dans la tige. Au niveau du raccordement entre

25   les deux tiges, la continuité électrique est assurée par la boue au contact des bagues conductrices des tiges adjacentes. La distance entre les deux bagues étant réduite, cela ne pose pas de problème. En outre, la couche conductrice et les deux bagues conductrices sont isolées électriquement de la paroi de la tige par la couche isolante.

30           De plus, la couche conductrice est protégée mécaniquement par la couche isolante qui la recouvre. Seule la face interne de chaque bague est soumise à l'effet abrasif du liquide circulant dans la tige. Cependant, ces bagues ont une longueur réduite par rapport à la longueur de la tige et peuvent être réalisées avec un matériau conducteur résistant

35   à l'abrasion.

De préférence, la tige de forage se caractérise en ce que la longueur  $l$  de chacune desdites bagues conductrices est comprise entre 0,8 et 2,2  $D$ ,  $D$  étant le diamètre interne de ladite tige.

- 5 De préférence également ladite couche de matériau isolant recouvre également les faces internes des manchons de raccordement au moins pour leurs parties qui ne sont pas en recouvrement mutuel lorsqu'une tige de forage est assemblée à une autre tige de forage.

- 10 Un deuxième objet de l'invention est de fournir un train de tiges de forage qui permette la transmission d'informations au moins entre l'extrémité inférieure du train et son extrémité supérieure dans des conditions améliorées quelles que soient les propriétés électriques de la boue remplissant le forage en cours de réalisation.

- 15 Pour atteindre ce but, le train de tiges de forage pour la transmission d'informations au moins entre l'extrémité inférieure du train et son extrémité supérieure se caractérise en ce qu'il comprend :

- une pluralité de tiges creuses de forage du type mentionné précédemment, raccordées entre elles par leurs manchons de raccordement ;
- un outil de forage fixé à l'extrémité inférieure de la tige inférieure dudit train ;
- un premier ensemble de couplage électromagnétique disposé à proximité de l'extrémité inférieure de la tige inférieure dans l'alésage axial de ladite tige et apte à recevoir des signaux électriques alternatifs représentatifs d'informations à transmettre ; et
- 25 - un deuxième ensemble de couplage électromagnétique disposé dans l'alésage axial de la tige supérieure située à l'intérieur du forage ; par quoi ledit deuxième ensemble est apte à recueillir un signal électrique créé par la circulation d'un courant dans une boucle de courant constituée d'une part par ladite couche conductrice, par les bagues conductrices et par la boue à l'intérieur desdites tiges et d'autre part par la paroi desdites tiges et la boue à l'extérieur desdites tiges, ledit courant étant créé par le signal appliqué au premier ensemble de couplage électromagnétique.
- 30

- 35 D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront mieux à la lecture de la description qui suit de plusieurs

modes de réalisation de l'invention donnés à titre d'exemples non limitatifs. La description se réfère aux figures annexées, sur lesquelles :

- la figure 1 déjà décrite montre en coupe verticale un train de tiges de forage permettant la transmission d'informations selon une technique de l'art antérieur ;
- la figure 2 est une vue partielle en demi-coupe longitudinale d'un train de deux tiges de forage conforme à l'invention ;
- la figure 3 est une vue de détail de la figure 2 ; et
- la figure 4 est une vue en coupe verticale d'un train de tiges conforme à l'invention permettant la transmission d'informations.

En se référant aux figures 2 et 3, on va décrire un mode préféré de réalisation de l'invention. Sur ces figures, on a fait apparaître la paroi 52<sub>1</sub> d'une première tige T<sub>1</sub> et la paroi 52<sub>2</sub> d'une deuxième tige T<sub>2</sub>, XX' étant l'axe commun à ces deux tiges. Sur cette figure, on a plus particulièrement représenté le manchon de raccordement femelle 60 de la tige T<sub>1</sub> et le manchon de raccordement mâle 62 de la tige T<sub>2</sub> ainsi que des parties courantes de ces deux tiges. De façon classique, les manchons mâle et femelle sont constitués par des filetages tronconiques 64. La face interne 66 de la tige T<sub>2</sub> et la face interne 68 de la tige T<sub>1</sub> sont recouvertes par une couche isolante 70. Cette couche isolante est par exemple constituée par une couche d'une résine époxy isolante dont l'épaisseur est de préférence inférieure à 250 µm. D'une manière plus générale, l'épaisseur de la couche isolante dépend des propriétés diélectriques du matériau utilisé. La couche isolante 70 se prolonge sur le début 72 du manchon de raccordement 60 et sur le début 74 du manchon de raccordement 62 de la tige T<sub>2</sub>. Dans cette zone, les deux manchons de raccordement définissent un évidement 76. De préférence, un joint annulaire isolant d'étanchéité 78 solidaire de l'extrémité 74 du manchon de raccordement 62 est mis en place. Lorsque l'assemblage des deux tiges est terminé, le joint 78 est comprimé pour assurer une étanchéité.

Sur la couche isolante 70, on réalise une couche conductrice 80 qui s'étend sur la face interne, sur toute sa longueur, de la couche isolante à l'exception de ses extrémités proches des manchons de raccordement.

La couche conductrice 80 est raccordée électriquement à ses extrémités correspondant aux manchons de raccordement 60 et 62 à des

bagues conductrices annulaires telles que 84 disposées au droit des manchons de raccordement. Ces bagues 84 sont isolées de la paroi 52 de la tige par la couche isolante 70. Sur la partie courante de la couche conductrice 80, on réalise une deuxième couche isolante de protection 86.

- 5 Bien entendu, la couche isolante 86 ne recouvre pas les bagues conductrices 84.

On comprend que les ensembles constitués par la couche conductrice 80 et les bagues conductrices 84 raccordées électriquement aux couches conductrices 80' constituent un court-circuit de la boue  
10 contenue dans la tige sur la longueur de celle-ci. Ce résultat est obtenu bien sûr du fait que les bagues conductrices 84 sont directement au contact de la boue contenue à l'intérieur des tiges T, tout en étant isolée de la paroi 52 de la tige.

Il faut ajouter que la continuité électrique entre les couches  
15 conductrices 80 au niveau de l'évidement 76 entre deux tiges consécutives est assurée via les bagues 84 et la boue dans des conditions tout à fait acceptables par la boue contenue dans cet évidement quelles que soient les propriétés de la boue en raison de la très faible longueur de l'évidement. On comprend également que la suite  
20 des couches conductrices 80 et des bagues 84 est isolée des parois 52<sub>1</sub>, 52<sub>2</sub> des tiges T<sub>1</sub> et T<sub>2</sub>. Les parois 52<sub>1</sub> et 52<sub>2</sub> ainsi que la boue à l'extérieur des tiges constituent le trajet de retour de la boucle de courant.

La couche conductrice 80 peut avantageusement être constituée par un dépôt de résine époxy conductrice dont l'épaisseur est  
25 également de l'ordre de 250  $\mu\text{m}$ .

La couche conductrice 80 peut également être réalisée de la manière suivante.

On part d'un tube métallique dont la longueur est inférieure à celle de la métallisation à réaliser (bagues 84 à mettre en place) et dont le  
30 diamètre externe est légèrement inférieur au diamètre interne de la paroi 52 de la tige. On dépose sur la face externe de ce tube la couche isolante 70 et sur sa face interne la couche isolante 86. De plus, ce tube a une épaisseur réduite, au plus égale à 1 mm. Puis, le tube est introduit dans l'alésage de la tige et immobilisé, au moins en translation, dans celle-ci.  
35 Cette immobilisation peut être obtenue par tout moyen convenable. On peut utiliser en particulier une expansion du tube, rendue possible par sa

faible épaisseur, par échauffement ou par application d'une pression interne.

5 Dans tous les cas, la couche conductrice 80 est interrompue à ses extrémités pour permettre la mise en place des bagues 84 qui sont reliées électriquement à la couche 80, par exemple par soudage. Dans ce mode de réalisation, la face externe des bagues 84 est recouverte d'une couche isolante prolongeant la couche isolante 70.

10 Les bagues 84 sont réalisées avec un matériau qui présente une bonne conductibilité électrique pour le couplage électrique avec la boue et une bonne résistance à l'abrasion. Par exemple, les bagues 84 peuvent être réalisées en laiton avec un traitement de surface, par exemple, par nitruration pour augmenter la dureté superficielle de la bague.

15 De préférence, la longueur de la bague 80 selon l'axe XX' de la tige est comprise entre 0,8 et 2,2 D, D étant le diamètre interne de la tige. Une telle longueur de bague assure un contact électrique suffisant entre la boue et la couche conductrice 80 par l'intermédiaire des bagues.

20 Le diamètre interne D des tiges peut être de l'ordre de 2,5 à 5 cm. La longueur l de la bague est donc de l'ordre de 2,5 cm à 11 cm, ce qui est très réduit par rapport à la longueur totale de la tige qui est de l'ordre de 9 à 10 mètres. La réalisation particulière des bagues 84 ne soulève donc pas de problème particulier vu la longueur réduite de celles-ci.

25 En se référant maintenant à la figure 4, on va décrire un mode complet de réalisation d'un train de tiges avec les moyens de transmission d'informations.

30 Sur cette figure, on a représenté un forage en cours de réalisation 90 dans lequel on trouve la boue de forage 92. Dans le forage, on a représenté le train de tiges constitué par la tige inférieure  $T_i$ , la tige supérieure  $T_s$  et les tiges intermédiaires T. Comme cela est bien connu, la tige supérieure  $T_s$  coopère avec une tête de forage 94 qui permet la mise en rotation du train de tiges et la descente progressive de celui-ci dans le forage 90. A l'extrémité inférieure de la tige inférieure  $T_i$  est monté un outil de forage 96 de type standard. Cet outil de forage est équipé de capteurs de mesure 98. Conformément aux caractéristiques de l'invention, la face interne 100 des tiges T est recouverte successivement d'une couche

35



isolante 102, d'une couche conductrice 104 munie de ses bagues d'extrémité 105, ces dernières étant directement au contact de la boue contenue à l'intérieur des tiges de forage et la deuxième couche isolante 107 recouvrant la partie courante de la couche conductrice 104. Une

5 première bobine de couplage électromagnétique 106 est montée à l'intérieur de la tige inférieure  $T_i$  à proximité de son extrémité inférieure. Cette bobine 106 est raccordée électriquement par des conducteurs 108 aux capteurs 98 et se comporte comme une bobine émettrice et éventuellement réceptrice. A l'intérieur de la tige supérieure  $T_s$ , on monte

10 une deuxième bobine de couplage électromagnétique 110. Cette bobine 110 est maintenue en dessous du niveau de la boue 92 dans le forage. Cette bobine est réceptrice et éventuellement émettrice.

Comme on l'a déjà expliqué, l'ensemble des tiges avec leurs couches conductrices et isolantes définit une boucle de courant fermée

15 dont une première branche est constituée par les couches conductrices 104 et la boue contenue à l'intérieur des tiges et dont la deuxième branche est constituée par la paroi des tiges elle-même et la boue à l'extérieur du train de tiges. Ces deux branches de la boucle de courant étant raccordées par l'outil de forage 96 à son extrémité inférieure et par

20 des moyens convenables à son extrémité supérieure. La bobine inférieure 106 reçoit des capteurs 98, des signaux électriques représentatifs des mesures effectuées par les capteurs 98. Ces signaux alternatifs induisent un courant dans la boucle fermée de courant décrite précédemment. Ce courant alternatif crée dans la deuxième bobine 110 un courant

25 alternatif représentatif de l'information de mesure délivrée par les capteurs 98, la tension créée dans la bobine est transmise à un ensemble de traitement 112 par l'intermédiaire des conducteurs électriques 114 et d'un collecteur tournant au niveau de la tête de forage 94.

## REVENDICATIONS

1. Tige creuse de forage pour la transmission d'informations, ladite tige étant destinée à être placée dans un forage rempli d'une boue de forage, ladite tige comportant :

- une paroi cylindrique conductrice de l'électricité avec une face interne, une face externe, une première extrémité munie d'un manchon mâle de raccordement et une deuxième extrémité munie d'un manchon femelle de raccordement ;
- une couche de matériau isolant électrique recouvrant la face interne de la tige sur toute sa longueur ;
- une couche conductrice recouvrant ladite couche isolante, ladite couche de matériau conducteur de l'électricité se terminant à chacune de ses extrémités proches des manchons de raccordement par une bague conductrice reliée électriquement à ladite couche conductrice ; et
- une couche additionnelle d'un matériau isolant électrique recouvrant la face interne de ladite couche conductrice de l'électricité, ladite couche additionnelle isolante ne recouvrant pas la face interne desdites bagues qui est au contact de la boue de forage.

2. Tige creuse de forage selon la revendication 1, dans laquelle ladite couche de matériau isolant recouvre également les faces internes des manchons de raccordement au moins pour leurs parties qui ne sont pas en recouvrement mutuel lorsqu'une tige de forage est assemblée à une autre tige de forage.

3. Tige creuse de forage selon la revendication 1, comprenant en outre un joint annulaire isolant électrique solidaire d'un des deux manchons mâle ou femelle de raccordement de telle manière que ledit joint réalise une étanchéité entre un manchon mâle et un manchon femelle lorsque deux tiges sont assemblées entre elles.

4. Tige de forage selon la revendication 1, dans laquelle ladite couche en matériau isolant constitue un revêtement de la face interne de ladite tige.

5. Tige de forage selon la revendication 4, dans laquelle ladite couche en matériau isolant est réalisée avec une résine époxy isolante.

6. Tige de forage selon la revendication 5, dans laquelle ladite couche en matériau isolant a une épaisseur inférieure à 250  $\mu\text{m}$ .

7. Tige de forage selon la revendication 1, dans laquelle ladite couche conductrice de l'électricité est une couche de résine époxy conductrice.

8. Tige de forage selon la revendication 1, dans laquelle la couche conductrice est constituée par un tube en matériau conducteur dont l'épaisseur est au plus égale à quelques millimètres, et la couche isolante est constituée par un dépôt de matériau isolant sur la face externe dudit tube, ledit tube étant immobilisé à l'intérieur de ladite tige.

9. Tige de forage selon la revendication 1, dans laquelle la longueur (l) de chacune desdites bagues conductrices (84) est comprise entre 0,8 et 2,2 D, D étant le diamètre interne de ladite tige.

10. Train de tiges de forage pour la transmission d'informations au moins entre l'extrémité inférieure du train et son extrémité supérieure, caractérisé en ce qu'il comprend :

- une pluralité de tiges creuses de forage, chaque tige comprenant :

- une paroi cylindrique conductrice de l'électricité avec une face interne, une face externe, une première extrémité munie d'un manchon mâle de raccordement et une deuxième extrémité munie d'un manchon femelle de raccordement ;

- une couche de matériau isolant électrique recouvrant la face interne de la tige sur toute sa longueur ;

- une couche conductrice recouvrant ladite couche isolante, ladite couche de matériau conducteur de l'électricité se terminant à chacune de ses extrémités proches des manchons de raccordement par une bague conductrice reliée électriquement à ladite couche conductrice ; et

- une couche additionnelle d'un matériau isolant électrique recouvrant la face interne de ladite couche conductrice de l'électricité, ladite couche additionnelle isolante ne recouvrant pas la face interne desdites bagues qui est au contact de la boue de forage, lesdites tiges étant assemblées entre elles par leurs manchons de raccordement ;

- un outil de forage fixé à l'extrémité inférieure de la tige inférieure dudit train ;

- un premier ensemble de couplage électromagnétique disposé à proximité de l'extrémité inférieure de la tige inférieure dans l'alésage axial de ladite tige et apte à recevoir des signaux électriques alternatifs représentatifs d'informations à transmettre ; et

- 5           - un deuxième ensemble de couplage électromagnétique disposé dans l'alésage axial de la tige supérieure située à l'intérieur du forage ; par quoi ledit deuxième ensemble est apte à recueillir un signal électrique créé par la circulation d'un courant dans une boucle de courant constituée d'une part par ladite couche conductrice, et par lesdites
- 10 bagues conductrices et par la boue à l'intérieur desdites tiges et d'autre part par la paroi desdites tiges et la boue à l'extérieur desdites tiges, ledit courant étant créé par le signal appliqué au premier ensemble de couplage électromagnétique